

Ю.М. Шепетуха

ФОРМИРОВАНИЕ И ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВ РЕШЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ В ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМАХ

Рассматриваются вопросы методологии компьютерной поддержки деятельности человека на таких этапах процесса анализа интеллектуальных проблем, как оценка ситуации, определение целей, генерация множества допустимых вариантов, выбор наилучшей альтернативы. Подчеркивается необходимость сочетания качественных и количественных подходов для эффективного содействия всему комплексу действий человека — от первоначального уяснения сути проблемы до принятия окончательного решения. Предложено использование расширенного множества альтернатив, что способствует разнообразию допустимых вариантов поведения.

Широкое внедрение информационных технологий открывает возможности для использования компьютеров не только при автоматизации выполнения четко определенных и хорошо структурированных задач, но и при анализе проблем с меньшей степенью детерминированности и структурированности. В последние годы подобные проблемы все больше привлекают внимание исследователей, а их решение имеет важное теоретическое и прикладное значение в различных сферах деятельности человека. В литературе приводятся следующие характерные черты слабоструктурированных проблем: при их анализе не существует ясных условий завершения работы; имеются лучшие и худшие варианты действий, но часто отсутствуют формализованные критерии эффективности; не всегда имеются заранее заданные альтернативы, часто альтернативы являются уникальными; уровни абстракции при постановке задачи и анализе проблемы зависят от субъективных представлений участвующих в этих процессах людей [1]. Деятельность человека по решению подобных проблем, которые характеризуются сложными, динамически изменяющимися и недостаточно определенными взаимосвязями, не может основываться на выполнении некоторой заранее фиксированной последовательности операций и процедур, а требует использования его интеллектуальных способностей, знаний и опыта действий в условиях неопределенности. В работе [2] отмечается, что при исследовании интеллектуальных задач следует учитывать два вида неопределенности. Первый вызван неполнотой знаний о проблеме, когда собрана не вся информация, необходимая для надлежащей оценки ситуации и принятия эффективного решения. Второй вид связан с неоднозначностью имеющихся знаний о предметной области, когда истинность или ложность каких-либо высказываний не может быть установлена с абсолютной достоверностью.

Интеллектуальные способности человека должны сочетаться с возможностями информационных технологий таким образом, чтобы позволять решать даже такие сложные проблемы, которые характеризуются отсутствием четкой структуры, существенной неполнотой и неоднозначностью знаний. Другими словами, задачей создаваемых интеллектуальных человеко-машин-

ных систем является обеспечение эффективного сочетания элементов естественного и искусственного интеллекта. Отметим, что исследователи, занимающиеся вопросами симбиоза естественного и искусственного интеллекта, пришли к выводу, что в ближайшем будущем наибольшие шансы для успешного развития будут иметь не глобальные компьютеризованные комплексы общего назначения, а специализированные человеко-машинные системы, предназначенные для работы в узких предметных областях [3]. Такие предметные области позволяют обеспечить эффективное сочетание как опыта профессиональной деятельности и неформальных знаний человека о характере качественных взаимосвязей между наиболее существенными переменными, так и возможностей компьютера по обработке и отображению больших объемов информации. При этом крайне актуальным вопросом является разработка методологии использования информационных систем для моделирования, анализа и поддержки различных конкретных видов интеллектуальной деятельности человека. Наиболее важными видами такой деятельности являются: формирование целей системы и определение критериев эффективности ее функционирования; преобразование множества целей в совокупность альтернативных действий по их достижению; анализ возможных результатов использования альтернатив в ситуациях, характеризующихся различной степенью неполноты и неоднозначности информации. В большинстве опубликованных работ по данной проблематике основное внимание уделяется анализу процессов формирования структуры приоритетов и целей на различных уровнях управленческой иерархии. В то же время отсутствуют универсальные теоретические подходы к построению эффективного механизма преобразования набора целей в альтернативные способы действий по их достижению [4]. Авторы работы [4] также подчеркивают необходимость разработки методологических основ для компьютерной поддержки различных этапов процесса принятия решения, включая оценку ситуации, генерацию альтернатив, оценивание краткосрочных и долгосрочных последствий использования сформированных альтернатив, а также выбор наиболее приемлемой альтернативы.

Будем рассматривать деятельность человека, решающего некоторую проблему и взаимодействующего с компьютеризованной информационной системой, как состоящую из последовательности этапов (рис. 1).

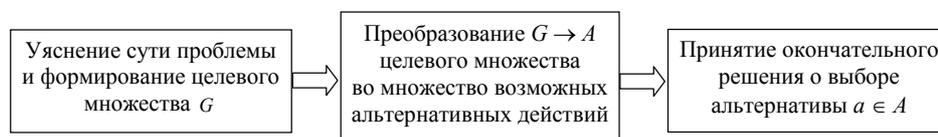


Рис. 1. Этапы деятельности человека по решению интеллектуальной проблемы

Характерная особенность анализа интеллектуальных проблем заключается в том, что на каждом из этапов необходимо действовать в условиях отсутствия достоверной и полной информации как о состоянии окружающей среды, так и о предпочтениях лица, принимающего решение. Следует иметь в виду, что факт наличия неопределенности в исследуемой проблеме может

иметь не только отрицательные, но и положительные последствия. Так, в работе [5] отмечается, что, с одной стороны, неопределенность затрудняет сопоставление альтернативных вариантов решения проблемы, но, с другой стороны, существенно расширяет имеющуюся у человека свободу выбора. Для успешной реализации потенциальных возможностей, порождаемых такой свободой выбора, необходимы механизмы извлечения, структурирования и использования как эксплицитных, так и имплицитных знаний человека о характерных особенностях данной интеллектуальной проблемы и возможных путях ее решения. Эксплицитные знания могут применяться, например, при построении количественных моделей, описывающих вклад каждого из возможных вариантов действий в достижение поставленных целей. Имплицитные знания могут использоваться при формировании целевого множества, в наибольшей степени соответствующего существенным особенностям анализируемой проблемы. Кроме того, без наличия таких знаний затруднительно произвести окончательный выбор приемлемого варианта действий в тех случаях, когда не все наиболее важные аспекты проблемы могут быть описаны с помощью математических моделей.

Таким образом, предлагаемый подход основан на совместном применении как количественных моделей, описывающих отдельные элементы данной проблемной ситуации, так и профессионального опыта и навыков человека, модифицируемых в соответствии с изменениями характерных черт исследуемой проблемы. Поэтому при анализе основных особенностей действий человека на каждом из вышеуказанных последовательных этапов необходимо уяснить, какие внутренние и внешние факторы оказывают наиболее существенное влияние на процесс решения данной проблемы. Иными словами, должна быть сформирована концептуальная модель, отражающая как объективную сторону данной проблемы, так и субъективное представление человека о путях ее решения. Далее нужно исследовать сформированную концептуальную модель и оценить возможности формализации наиболее важных причинно-следственных отношений между ее составными частями.

И, наконец, необходимо рассмотреть возможные варианты использования компьютеризованных систем на каждом из этапов деятельности человека. При этом следует иметь в виду, что наиболее эффективные альтернативы могут быть неизвестны заранее, а генерироваться лишь в процессе анализа текущей ситуации и уяснения существенных взаимосвязей рассматриваемой проблемы. Таким образом, для всестороннего анализа и успешного решения сложных неструктурированных проблем необходимо совместное использование как современных информационных технологий, так и эффективных методов формирования, модификации и использования знаний человека об особенностях данной проблемной ситуации. Подобное объединение возможностей человека и компьютера позволяет, даже при существенном изменении параметров внешней среды, обеспечить выполнение свойства функционального гомеостаза, что является важнейшим

условием обеспечения эффективности человеко-машинных систем [6]. Характерная черта таких систем — способность к обучению, что позволяет им надлежащим образом адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования.

Уяснение сути проблемы и формирование целевого множества G (как частный случай, в качестве целевого множества можно рассматривать набор целевых переменных $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ или одну целевую переменную g) является этапом, который во многом определяет как процесс, так и результат деятельности людей по решению возникающих перед ними проблем. В ходе этого этапа осуществляется преобразование в эксплицитную форму представлений человека о текущей ситуации и тенденциях ее развития, а также о возможных вариантах и желаемых результатах его целенаправленной деятельности. Если проблема анализируется и решается одним человеком, то основная сложность часто состоит в четком осознании им своих ментальных моделей и в последующем правильном их использовании для структурирования и анализа рассматриваемой интеллектуальной проблемы. При этом задачей компьютеризованных средств является содействие в извлечении, обработке и визуализации отдельных элементов этих ментальных моделей. В данном случае необходимо учитывать не только взаимосвязи, отражающие основные особенности текущей ситуации, но и возможные варианты количественных и качественных изменений отношений.

В настоящее время существует несколько методов образного представления и анализа взаимного влияния различных компонентов исследуемой проблемы. Так, в [4] для выполнения задачи формирования образов ситуаций предлагается использовать многоуровневые когнитивные диаграммы, а анализ базируется на итеративном процессе формирования и модификации причинно-следственных отношений первого порядка. Основной сложностью при практическом использовании подобных подходов является трудность обеспечения рационального баланса, с одной стороны, между необходимой для понимания существа проблемы глубиной ее анализа и, с другой, требуемой для обеспечения возможности решения проблемы за приемлемое время простотой структуры рассматриваемых причинно-следственных отношений.

Человеко-машинные системы, предназначенные для поддержки формирования и выбора альтернатив при групповой деятельности, обладают рядом специфических особенностей. Так, в случае решения проблемы некоторой группой, состоящей из k людей, начальный этап анализа проблемы выполняется за два последовательных шага. На первом формируется k целевых множеств G_1, G_2, \dots, G_k , характеризующих индивидуальные предпочтения членов группы. Второй шаг можно описать некоторым оператором $P: \{G_1, G_2, \dots, G_k\} \rightarrow G_s$, отображающим k индивидуальных целевых множеств в интегральное целевое множество G_s . При этом конкретный вид оператора P определяется составом группы, внутригрупповой иерархией, а также способами анализа и разрешения возникающих конфликтов. Будем

предполагать, что цели членов группы принципиально непротиворечивы, в таком случае возникающие в группе конфликты не являются антагонистическими. Тогда индивидуальные цели можно модифицировать таким образом, чтобы обеспечить рациональное сочетание интересов как отдельных людей, так и группы в целом. Другими словами, принципиально возможно достижение такого группового консенсуса, при котором выполняется:

- либо соотношение $G_s = G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_k \neq \emptyset$, т.е. P представляет собой операцию пересечения множеств G_1, G_2, \dots, G_k ;
- либо соотношение $G_s \subset G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_k \neq \emptyset$, т.е. P представляет собой последовательность вышеуказанной операции пересечения и операции сужения множества $G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_k$ до множества G_s .

Конкретный вид сформированного интегрального целевого множества определяет содержание и логическую взаимосвязь дальнейших действий по анализу и решению рассматриваемой проблемы. Во многих практических задачах данное целевое множество представляет собой конечный набор целевых переменных $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$, которые можно трактовать как подцели некоторой глобальной цели. В этом случае человеко-машинная система должна содействовать уяснению человеком и представлению в эксплицитном виде структуры взаимоотношений между этими переменными с точки зрения их вклада в достижение поставленных целей. При этом, в зависимости от степени неопределенности исследуемой проблемы, можно выделить следующие типы взаимосвязей между целевыми переменными.

1. Случай целевой неопределенности, когда до начала анализа проблемы нельзя указать какое-либо количественное соотношение, характеризующее степень важности реализации локальных целей $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ для достижения общей цели. При этом не представляется возможным построить математическую модель, адекватным образом описывающую данную ситуацию. Поэтому анализ осуществляется, главным образом, на основе качественных, неформализованных представлений человека о существенных особенностях стоящей перед ним проблемы и путях ее разрешения.

2. Случай полной целевой определенности, когда возможно указать некоторое количественное соотношение, описывающее вклад локальных целей $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ в достижение глобальной цели. В качестве примера можно привести задание весовых коэффициентов w_1, w_2, \dots, w_n линейной функции агрегации локальных целей в глобальную $U = w_1U_1 + w_2U_2 + \dots + w_nU_n$, где U_1, U_2, \dots, U_n, U — некоторые действительные числа, характеризующие степень достижения локальных целей $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ и глобальной цели соответственно.

3. Весь диапазон промежуточных случаев между полной целевой определенностью и целевой неопределенностью, что наиболее часто встречается при анализе и решении реальных интеллектуальных проблем. Например, вместо точных значений весовых коэффициентов w_1, w_2, \dots, w_n могут зада-

ваться некоторые интервалы $\Delta W_1, \Delta W_2, \dots, \Delta W_n$, такие что $w_1 \in \Delta W_1$, $w_2 \in \Delta W_2, \dots, w_n \in \Delta W_n$. Существует несколько подходов к использованию интервальных методов для учета неясности предпочтений человека и неопределенности внешней среды. Так, в [7] предлагается сравнительно простая итеративная процедура последовательной элиминации доминируемых альтернатив. В [8] интервальные методы применяются как для определения потенциальной оптимальности рассматриваемых альтернатив, так и для анализа отношений доминирования между ними. Однако, хотя компьютерная поддержка в значительной степени ускоряет и облегчает процесс определения доминируемых альтернатив, во многих случаях человек может испытывать существенные сложности при определении верхних и нижних границ интервалов для весовых коэффициентов. Поэтому многие исследователи считают [9, 10], что при решении достаточно сложных проблем и необходимости учета большого числа различных факторов, наиболее достоверной информацией, которую можно извлечь из ментальной модели человека и которая представлена в эксплицитной форме, является ранжирование степени важности достижения локальных целей для достижения глобальной цели. Другими словами, на конечном множестве $\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ может быть задано некоторое отношение R , обладающее свойствами антирефлексивности и транзитивности. Это позволяет, с одной стороны, внести элементы структурированности в деятельность человека (или группы людей) по анализу рассматриваемой проблемы и, с другой, оставить значительную свободу выбора при генерировании и оценивании приемлемых альтернативных вариантов решения. Поэтому такой подход дает возможность исследовать более широкий диапазон проблемных ситуаций при одновременном обеспечении достаточной когнитивной простоты используемых интерактивных процедур.

На следующем этапе деятельности человека осуществляется преобразование целевого множества во множество альтернативных вариантов действий, направленных на достижение поставленных целей. В формализованной форме это можно записать в виде оператора $P_1: G \rightarrow A$ для случая принятия индивидуальных решений или в виде оператора $P_C: G_S \rightarrow A$ для случая принятия групповых решений. Структура множества A имеет большое значение для последующего анализа различных аспектов рассматриваемой интеллектуальной проблемы. Во многих практических задачах эти множества представляют собой конечные наборы альтернативных вариантов решения проблемы $\{a_1, a_2, \dots, a_z\}$. При этом обычно принимается допущение, что такие варианты исчерпывающие и взаимоисключающие. Вместе с тем, в ряде работ обращается внимание на необходимость разработки более глубокой классификации термина «альтернативные варианты». Так, в [11] предлагается различать следующие случаи: полностью противоположные варианты (если осуществление одного варианта исключает реализацию другого); частично альтернативные последовательные варианты (если после завершения варианта 1 можно вернуться к варианту 2); частично аль-

тернативные последовательно-параллельные варианты (вернуться к варианту 2 можно, отложив на время вариант 1); а также частично альтернативные параллельные варианты (возможно одновременное осуществление обоих вариантов). Данную трактовку можно обобщить и для большего числа различных допустимых сочетаний альтернативных вариантов решения проблемы. В этом случае расширенное множество альтернативных вариантов записывается в виде произведения множеств $A \times A \times \dots \times A$, а каждый элемент данного произведения представляет собой последовательность из t альтернатив: $\{a_1, a_2, \dots, a_t : a_1 \in A, a_2 \in A, \dots, a_t \in A\}$. Каждую отдельную последовательность $(a_1, a_2, \dots, a_t) \in A \times A \times \dots \times A$ будем называть расширенной исходной альтернативой. Пусть на множестве A можно указать r качественно различных типов элементарных исходных альтернатив. Иными словами, множество A можно разбить на конечное число непересекающихся подмножеств A_1, A_2, \dots, A_r , каждое из которых представляет собой некоторый класс эквивалентности относительно отношения «однотипные элементарные исходные альтернативы». Данное отношение обладает свойствами рефлексивности, симметричности и транзитивности, а соответствующее факторное множество состоит точно из r элементов. Использование расширенного исходного множества альтернатив дает возможность значительно повысить уровень разнообразия рассматриваемых вариантов решения проблемы. При этом вместо r различных типов альтернатив, существующих при использовании исходного множества A , можно сформировать значительно большее число качественно отличных друг от друга альтернативных вариантов поведения (рис. 2). С концептуальной точки зрения, это дает возможность обеспечить выполнение такого фундаментального принципа построения интеллектуальных человеко-машинных систем, как принцип необходимого и достаточного разнообразия [6]. С практической точки зрения, использование расширенного множества альтернатив позволяет, во-первых, иметь более богатый выбор вариантов решения данной конкретной проблемы и, во-вторых, создавать достаточно обширную базу знаний, представляющую наиболее успешные способы анализа интеллектуальных проблем. Так как многие реальные проблемы часто имеют ряд сходных между собой черт, то человек обычно предпочитает использовать ту альтернативу, которая привела к успешным результатам в прошлом. Однако следует иметь в виду, что решение, которое ранее являлось эффективным, не всегда остается таковым и в настоящее время. Поэтому необходимо тщательно анализировать динамические аспекты проблемы и учитывать тенденции изменения ее наиболее характерных черт и взаимосвязей. Это позволит глубже оценить все факторы «за» и «против» генерации альтернатив, аналогичных тем, которые ранее привели к успешному результату.

Таким образом, при генерации альтернатив необходимо уяснить различные аспекты текущей ситуации, а также понять, какие именно переменные оказывают наибольшее влияние на достижение поставленной цели. Это позволит избежать не только плохо обоснованного выбора окончательного

варианта решения, но и недостаточно обдуманной и слишком поспешной генерации альтернатив. Среди важных недостатков существующих подходов часто называют формирование слишком малого числа альтернативных вариантов, что не дает возможности для всестороннего анализа имеющейся проблемы и принятия достаточно взвешенного решения. Поэтому одной из задач компьютеризованных информационных систем является поддержка деятельности человека по формированию, моделированию и оценке значительного числа альтернатив за приемлемое время. Интерактивный режим работы и возможность просмотра предварительных результатов моделирования в реальном времени позволяют обеспечить требуемые гибкость, быстродействие и простоту используемых интерактивных процедур. При этом неточные и часто противоречивые исходные данные должны обрабатываться техническими средствами и представляться человеку в таком виде, чтобы облегчить генерацию наиболее эффективных способов решения существующей проблемы. Часто также целесообразно использовать процедуры предварительного селектирования — с тем, чтобы ограничить анализ несколькими наиболее подходящими для данной конкретной ситуации альтернативами.

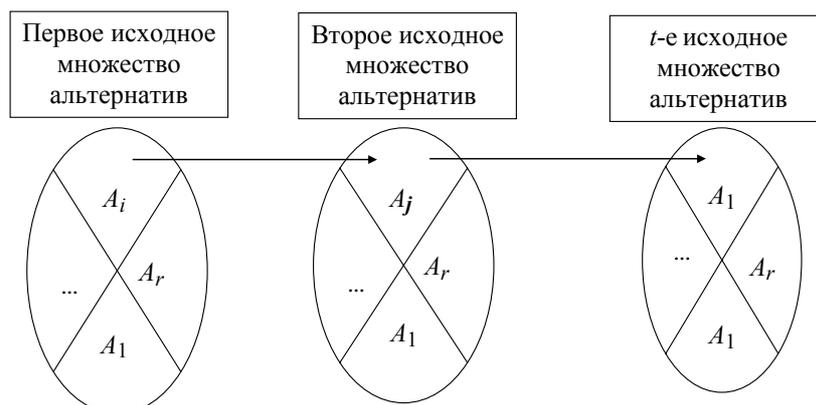


Рис. 2. Использование расширенного множества альтернатив для повышения уровня разнообразия рассматриваемых вариантов решения проблемы

Завершающим этапом деятельности человека по решению интеллектуальной проблемы является выбор конкретной альтернативы из множества допустимых вариантов. Используемая на данном этапе методология существенным образом зависит от вида целевого множества и характера взаимосвязей между целевыми переменными. При целевой неопределенности выбор осуществляется на основе качественного подхода с использованием неформальных знаний, интуиции и опыта людей, участвующих в анализе данной интеллектуальной проблемы. В этом случае задачей компьютеризованной системы является предоставление человеку возможности получения качественной информации о существенных особенностях исследуемой проблемы и возможных подходах к ее решению. В случае полной целевой оп-

ределенности можно построить математические модели, определяющие наилучшее в каком-то смысле решение данной задачи. При этом компьютеризованные технические средства могут использоваться как для вычисления оптимального решения, так и для представления результатов в удобной для восприятия форме. Наибольшие же перспективы использования информационных систем для поддержки интеллектуальной деятельности человека открываются в широком диапазоне промежуточных случаев между целевой неопределенностью и полной целевой определенностью. В таких задачах можно разработать и исследовать достаточно большое число вариантов интерактивного взаимодействия между компьютеризованными техническими средствами и лицом, принимающим решение (либо группой лиц, принимающих решение). При этом, вследствие присутствия в решаемой проблеме того или иного уровня неопределенности, обычно затруднительно получить одно наилучшее решение. Однако, несмотря на наличие неопределенности, которая может быть связана с такими факторами, как неточность исходных данных, неясность предпочтений человека, непредсказуемость изменений внешней среды, часто возможно аналитически описать отношения между некоторыми составными частями анализируемой проблемы. На основе этого можно построить математические модели, позволяющие рассчитать диапазоны приемлемых решений. После определения данных диапазонов необходимо таким образом организовать процедуру человеко-машинного взаимодействия, чтобы обеспечить выбор наиболее эффективного решения, принимая во внимание как формализуемые, так и неформализуемые аспекты проблемы. Структура подобного взаимодействия определяется уровнем сложности и неопределенности анализируемой проблемы, а также информацией о наиболее предпочтительных вариантах ее решения.

Процесс формирования приемлемого решения на базе преобразования исходного множества A состоит из нескольких последовательных шагов. Вначале выбирается один или несколько подходящих типов элементарных исходных альтернатив из набора r их различных типов. Далее, для каждого из этих $r_0 < r$ типов альтернатив определяется соответствующее множество допустимых вариантов решения проблемы. Иначе говоря, формируется набор из r_0 допустимых множеств альтернативных вариантов решения данной проблемы $A_{p(1)}, A_{p(2)}, \dots, A_{p(r_0)}$, а также интегральное допустимое множество $A_{pS} = A_{p(1)} \cup A_{p(2)} \cup \dots \cup A_{p(r_0)}$. Как правило, механизмы формирования подобных множеств являются достаточно сложными и требуют поддержки со стороны соответствующим образом организованных человеко-машинных процедур. В процессе человеко-машинного диалога выполняются такие операции, как ввод в компьютеризованную систему числовых величин, например, диапазонов значений весовых коэффициентов критериев эффективности. Кроме того, может осуществляться модификация введенных данных в соответствии со сформированным множеством допустимых

альтернатив решений, а также с прогнозируемыми изменениями окружающей обстановки. Следует иметь в виду, что вводимые диапазоны значений переменных и параметров отражают представления человека об уровне неопределенности решаемой проблемы. Эта неопределенность может объясняться как неполнотой знания особенностей окружающей среды, так и ограниченными когнитивными возможностями людей при сравнении и оценке имеющихся альтернативных вариантов решения.

Завершающим шагом процесса получения приемлемого варианта решения проблемы является выбор наилучшей в определенном смысле альтернативы из множества A_{pS} . При этом часто целесообразно использовать какой-то из известных аналитических методов. В случае невозможности осуществления выбора альтернативы с помощью стандартных аналитических процедур предлагается два концептуальных подхода к преодолению данной сложности. Во-первых, аналитические методы могут использоваться не для выбора какой-то одной альтернативы $a \in A_{pS}$, а для формирования некоторого множества $A \subset A_{pS}$, дальнейшая работа с которым будет осуществляться на основе качественных подходов и неформализованных процедур. Во-вторых, можно повысить уровень разнообразия используемых альтернатив за счет формирования расширенного множества $A \times A \times \dots \times A$.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

— крайне важным и недостаточно исследованным вопросом является создание методологических основ компьютерной поддержки таких этапов решения интеллектуальных проблем, как оценка ситуации, генерация стратегий, моделирование краткосрочных и долгосрочных последствий использования различных альтернативных вариантов, а также выбор наиболее подходящей альтернативы;

— для всестороннего анализа и успешного решения сложных неструктурированных задач необходимо совместное применение как современных информационных технологий, так и эффективных подходов к формированию, модификации и использованию знаний человека об особенностях данной проблемной ситуации;

— интервальные методы и методы ранжирования предпочтений человека являются эффективным способом принятия решений с учетом неполноты и неоднозначности информации;

— формирование расширенного исходного множества альтернатив повышает уровень разнообразия рассматриваемых вариантов решения проблемы при одновременном обеспечении достаточной когнитивной простоты используемых интерактивных процедур;

— перспективным направлением дальнейших исследований в данной области является разработка алгоритмов и процедур реализации предложенных концептуальных подходов для поддержки конкретных видов интеллектуальной деятельности людей в узких предметных областях.

1. *Трахтенгерц Э.А.* Компьютерная поддержка переговоров при выработке групповых решений. — М.: ИПУ, 2001. — 83 с.
2. *Сетлак Г.* Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. — К.: Логос, 2004. — 251 с.
3. *Waltz A.* Evolution, sociology and the future of artificial intelligence // *Intelligent Systems*. — 2006. — **21**, N 4. — P. 66–69.
4. *Tan K.H., Platts K.* Linking objectives to actions: A decision support approach based on cause-effect linkages // *Decision Sciences*. — 2003. — **34**, N 3. — P. 569–593.
5. *Ahn B.S.* Multiattribute decision aid with extended ISMAUT // *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. — 2006. — **36**, N 3. — P. 507–520.
6. *Павлов В.В.* Синтез стратегий в человеко-машинных системах. — К.: Вища шк., 1989. — 162 с.
7. *Mustajoki J., Hamalainen R.P., Salo A.* Decision support by interval SMART/SWING — Incorporating imprecision in the SMART and SWING methods // *Decision Sciences*. — 2005. — **36**, N 2. — P. 317–339.
8. *Lee K.S., Park K.S., Eum Y.S., Park K.* Extended methods for identifying dominance and potential optimality in multi-criteria analysis with imprecise information // *European Journal of Operational Research*. — 2001. — **134**. — P. 557–563.
9. *Kangas J., Kangas A.* Multi criteria decision support in forest management — The approach, methods implied, and experiences gained // *Forest Ecology and Management*. — 2005. — **207**. — P. 133–143.
10. *Cook W.D.* Distance-based and ad-hoc consensus models in ordinal preference ranking // *European Journal of Operational Research*. — 2006. — **172**. — P. 369–385.
11. *Арустов С.А.* Имитационная система поддержки принятия решений // *Экономика и мат. методы*. — 2007. — **43**, № 3. — С. 74–84.

Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем
НАН Украины и Министерства образования
и науки Украины, Киев

Получено 06.05.2009